青贮组合型全混合日粮对育肥肉牛生长性能及血液指标的影响[1]

张　霞[1]　王维中[2]　王虎成[1*]　郭旭生[3]

(1.兰州大学草地农业生态系统国家重点实验室，兰州大学农业部草牧业创新重点实验室，兰州大学草地农业科技学院，兰州 730020；2.定西市畜牧技术推广站，定西 743000；3.兰州大学生命科学学院，兰州 730000）

摘　要：本试验旨在研究青贮组合型全混合日粮对育肥肉牛生长性能及血液指标的影响。选取体况良好、体重[(440.5±3.5) kg]相近的西门塔尔公牛 30 头，随机分为 2 组，每组 15 头牛。对照组（C 组）饲喂单一青贮型全混合日粮，试验组（T 组）饲喂青贮组合型全混合日粮。试验期 180 d。结果表明：1)第 1~60 天、第 61~120 天和第 121~180 天，T 组的平均日采食量均显著低于 C 组（$P\leqslant0.05$），T 组的平均日增重均高于 C 组（$P>0.05$）；第 61~120 天和第 121~180 天，T 组的料重比均显著低于 C 组（$P<0.05$）。2）第 120 天和第 180 天，C 组的血液红细胞数目（RBC）和血红蛋白浓度（HGB）显著高于 T 组（$P\leqslant0.05$）；第 180 天，C 组的血液红细胞压积（HCT）和红细胞分布宽度标准差（RDW-SD）显著高于 T 组（$P<0.05$）。3）2 组间血浆抗氧化指标均无显著差异($P>0.05$)。4）第 60 天、第 120 天，C 组的血浆尿素氮(UN)含量显著低于 T 组（$P<0.05$）；第 60 天，C 组的血浆总胆固醇(T-CHO)含量显著低于 T 组（$P<0.05$）；第 120 天、第 180 天，C 组的血浆谷草转氨酶(AST)活性显著高于 T 组（$P\leqslant0.05$）；第 180 天，C 组的血浆谷丙转氨酶（ALT）活性显著高于 T 组（$P<0.05$）。综上，青贮组合型全混合日粮对育肥肉牛机体抗氧化功能和健康状况无不良影响，而且可在一定程度上改善机体代谢，并可提高育肥肉牛的生长性能。

收稿日期：2018-05-04

基金项目：定西市科技计划“优质牧草高效育肥牛关键技术研发”（071100032）；国家重点研发计划政府间国际科技创新合作重点专项（2017YFE0104300）

作者简介：张　霞（1992-)，女，甘肃定西人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: zhangx2016@lzu.edu.cn

*通信作者：王虎成，副教授，硕士生导师，E-mail: wanghuch@lzu.edu.cn

关键词：青贮；全混合日粮；肉牛；生长性能；血液指标

中图分类号：S823

我国草食性家畜饲养正经历由“低质饲草+高精料”模式向“优质饲草+低精料”模式的转变。诸如苜蓿、燕麦、青贮玉米等优质饲草是我国建植栽培草地或进行饲草生产的主要资源，亦是我国反刍动物养殖业的物质基础。近些年来，为缓解饲草供给压力、延长使用时间、降低有害成分等，青贮饲料在在我国西北干旱区被广泛推广，并在动物养殖中得到了一定的应用[1-7]。其中拉伸膜裹包青贮因其贮存方便灵活、成品运输便捷、市场流通迅速，已在国内外广泛应用[8-11]。此外，我国肉牛产业出现了区域化布局、规模化发展及产业化经营的新格局，肉牛饲养业向优质、高产及高效的方向发展。但是肉牛产业快速发展的同时也存在一些突出的问题，供需矛盾日益凸显，价格日益走高，同时养殖成本增加，利润空间压缩，产业发展面临诸多挑战。肉牛对饲料的分解消化通过瘤胃发酵过程来实现，瘤胃是牛的体内“饲料加工厂”，饲料中 70%~75%可消化物质和 50%以上粗纤维在此消化；并且，营养物质只有通过消化道壁进入血液后才能被机体吸收利用[12-16]。目前，肉牛养殖主要以低质粗饲料+精补料或单一青贮+精补料为主，该种饲养方式易造成肉牛养分利用率低、瘤胃酸中毒、腐蹄病等诸多问题[17-20]。造成这种局面的因素众多，营养是诸多因素之一。因此，本研究以玉米青贮、苜蓿青贮、燕麦青贮为主要粗饲料，设计青贮组合型全混合日粮，同时以生产上常见的玉米青贮精料型全混合日粮为对照，对西门塔尔肉牛进行为期 180 d 的育肥试验，通过测定其生长性能及血液指标，探究青贮组合型全混合日粮对肉牛健康状况及生长性能的影响机理，为青贮饲料在肉牛养殖中的科学应用提供理论依据与技术支持。

1　材料与方法

1.1　试验材料

试验所用裹包青贮饲料——玉米青贮、苜蓿青贮、燕麦青贮均购自甘肃民祥牧草有限公司；苜蓿干草、小麦秸秆和精料（玉米、豆粕、棉籽粕、亚麻仁饼、麸皮以及预混料等）及

玉米青贮（壕式青贮）均由定西甲天下肉牛养殖公司提供。

1.2 试验设计

试验饲粮依据 NRC(2007)肉牛营养需要[22]预期日增重 1.2 kg 营养需要设计，试验饲粮组成及营养水平见表 1。试验选择体况良好、体重[(440.5±3.5) kg]相近的西门塔尔公牛 30 头，并按照随机分组的原则平均分为 2 组（每组 15 头牛），对照组（C 组）饲喂单一青贮型全混合日粮（玉米青贮精料型全混合日粮，肉牛场自行设计），试验组（T 组）饲喂青贮组合型全混合日粮（玉米青贮、苜蓿青贮、燕麦青贮组合型全混合日粮，本试验自行设计）。试验期 180 d，试验分为 3 个阶段：前期(第 1~60 天)、中期(第 61~120 天)、后期(第 121~180 天)。

表 1　试验饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)　%

项目 Items	组别 Groups					
	C			T		
	第 1~60 天 Day 1 to 60	第 61~120 天 Day 61 to 120	第 121~180 天 Day 121 to 180	第 1~60 天 Day 1 to 60	第 61~120 天 Day 61 to 120	第 121~180 天 Day 121 to 180
原料 Ingredients						
玉米青贮 Corn silage1)	40.00	31.77	23.88	27.27	30.12	30.00
燕麦青贮 Oats silage				15.00	18.00	10.00
苜蓿青贮 Alfalfa silage				10.00	12.00	11.33
苜蓿干草 Alfalfa hay	8.00	4.75	3.57			
小麦秸秆 Wheat straw				10.00	5.00	2.00
玉米 Corn	29.60	40.12	45.85	20.00	23.44	38.15
小麦麸皮 Wheat bran	8.00	6.35	7.26	7.98	3.00	1.07
豆粕 Soybean meal	3.00	6.35	7.26		2.00	2.00
棉籽粕 Cottonseed meal	3.15			1.00		
亚麻仁饼 Linseed cake	4.25	6.34	7.25	5.00	3.05	2.00
小苏打 $NaHCO_3$	0.60	0.83	0.94	0.80	1.09	1.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.40			0.25		0.35
食盐 NaCl	0.26	0.32	0.36	0.20	0.30	0.30
预混料 Premix2)	2.74	3.17	3.63	2.50	2.00	1.80

合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient level[3]						
代谢能 ME/（MJ/kg）	13.34	14.07	14.46	12.36	12.50	13.50
粗蛋白质 CP	12.89	13.18	13.80	11.00	10.80	10.50
钙 Ca	0.35	0.22	0.19	0.39	0.37	0.39
磷 P	0.41	0.35	0.38	0.36	0.28	0.33
中性洗涤纤维 NDF	32.77	27.62	24.08	41.90	40.30	33.45
酸性洗涤纤维 ADF	17.39	13.96	11.63	23.61	23.07	18.60

[1]C 组：壕式玉米青贮；T 组：裹包玉米青贮。C group: trench-style corn silage; T group: wrapped corn silage.

[2]预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets:VA 160 000 IU，VD_3 50 000 IU，VE 900 IU，VB_1 120 mg，烟酸 nicotinic acid 500 mg，Fe 1 200 mg，Cu 150 mg，Zn 1 000 mg，Mn 500 mg。

[3]营养水平为计算值[21]。Nutrient levels were calculated values[21].

1.3 饲养管理

试验期间肉牛单栏拴系饲养，保持圈内清洁干燥，定期进行消毒；试验饲粮经全混合日粮搅拌机搅拌后分 2 次饲喂（07:00 和 17:00），饲粮给量以剩余 5%～10%为度，采食后自由饮水。试验期间对试验牛及牛舍进行定期驱虫与消毒处理。

1.4 测定指标

1.4.1 生长性能指标

平均日增重(ADG)：试验开始时及试验第 60 天、第 120 天、第 180 天对试验牛称重，计算各组平均日增重。

平均日采食量(ADFI)：在试验期内，每天 07：00 准确记录试验牛剩料量，计算平均日采食量。

料重比(F/G)：平均日采食量和平均日增重之比即为料重比。

1.4.2 血液指标

于每组动物中选取体况相近的 7 头牛，分别在第 60 天、第 120 天和第 180 天晨饲前颈静脉穿刺采集血样。血样采集使用江苏康健医疗用品有限公司生产的抗凝采血管［含乙二胺四乙酸二钾(EDTA-K_2)］和含肝素钠采血管，血液注入抗凝采血管后立即上下颠倒 4～5 次，使抗凝剂与血液充分混合，防止血液凝固，常温放置，4 h 内进行血常规分析；血液注入含肝素钠采血管后，立即在 3 500 r/min 离心 10 min 分离血浆并置于-20 ℃冰箱保存备用。

使用全自动血液分析仪(迈瑞 BC-3000plus)检测血液中白细胞数目(WBC)、血红蛋白浓度(HGB)、红细胞数目(RBC)、红细胞压积(HCT)、平均红细胞体积(MCV)、平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC)、红细胞分布宽度变异系数(RDW-CV)、红细胞分布宽度标准差(RDW-SD)、血小板数目(PLT)。

血浆总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、总胆固醇(T-CHO)、β-羟丁酸(β-HB)、肌酐（CR）含量，谷草转氨酶（GOT）、谷丙转氨酶（GPT）、碱性磷酸酶（AKP）、超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化酶（GSH-Px）活性，总抗氧化能力(T-AOC)以及丙二醛(MDA)含量均采用试剂盒测定，所用试剂盒均由北京华英生物技术研究所提供，严格按照试剂盒说明书操作。

1.5　数据统计与分析

采用 Excel 2010 对数据进行初步整理，SPSS 19.0 统计软件进行方差分析，LSD 法进行组间多重比较。结果用平均值±标准误表示，$P \leqslant 0.05$ 为差异显著性判断标准。

2　结　果

2.1　青贮组合型全混合日粮对肉牛生长性能的影响

由表 2 可知, 试验前期、中期和后期，T 组的平均日采食量均显著低于 C 组（$P \leqslant 0.05$），T 组的平均日增重均高于 C 组（$P > 0.05$）；试验中期和后期，T 组的料重比均显著低于 C 组（$P < 0.05$）。

从试验阶段来看，2 组的平均日采食量和料重比均在试验后期最高，且试验后期显著高

于前期（*P*<0.05）。

表2　青贮组合型全混合日粮对肉牛生长性能的影响

Table 2　Effects of silage combination type total mixed ration on growth performance of beef cattle

项目 Items	阶段 Period	组别 Groups C	组别 Groups T	*P* 值 *P*-value
平均日采食量 ADFI/(kg/d)	第 1~60 天 Day 1 to 60	12.78±0.22[b]	11.38±0.11[c]	0.05
	第 61~120 天 Day 61 to 120	16.48±0.05[ab]	12.97±0.09[b]	<0.01
	第 121~180 天 Day 121 to 180	16.80±0.09[a]	13.50±0.06[a]	<0.01
平均日增重 ADG/(kg/d)	第 1~60 天 Day 1 to 60	1.30±0.09	1.56±0.11	0.09
	第 61~120 天 Day 61 to 120	1.10±0.10	1.15±0.06	0.59
	第 121~180 天 Day 121 to 180	1.10±0.09	1.12±0.06	0.78
料重比 F/G	第 1~60 天 Day 1 to 60	9.83±1.12[b]	7.29±1.01[b]	0.07
	第 61~120 天 Day 61 to 120	14.98±2.01[a]	11.27±1.14[a]	0.04
	第 121~180 天 Day 121 to 180	15.27±1.34[a]	12.05±1.34[a]	0.03

P≤0.05 表示同行组间差异显著。同列同一指标数据肩标不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)。下表同。

P≤0.05 mean significant difference between groups in the same row. Values with different small letter superscripts in the same column within the same index mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

2.2　青贮组合型全混合日粮对肉牛血常规指标的影响

由表 2 可知，第 120 天、第 180 天，C 组的血液 RBC 和 HGB 显著高于 T 组（*P*≤0.05）；第 180 天，C 组的血液 HCT 和 RDW-SD 显著高于 T 组（*P*<0.05）。其他血常规指标 2 组间差异不显著(*P*>0.05)。

从试验阶段来来看，T 组的血液 RBC、HGB 均在第 120 天显著低于第 60 天和第 180 天（$P<0.05$），且第 180 天最高；C 组的血液 HGB、MCH 均在第 180 天显著高于第 60 天和第 120 天（$P<0.05$）；T 组的血液 MCH 在第 180 天显著高于第 120 天（$P<0.05$）；C 组的血液 HCT、MCV 均在第 180 天显著高于第 60 天和第 120 天（$P<0.05$）；C 组的血液 MCHC、RDW-CV 及 RDW-SD 均在第 120 天最低，且显著低于第 60 天和第 180 天（$P<0.05$）；T 组的血液 MCHC、RDW-CV 及 RDW-SD 均在第 120 天最低，且血液 MCHC、RDW-CV 显著低于第 60 天和第 180 天（$P<0.05$）。

表 3　青贮组合型全混合日粮对肉牛血常规指标的影响

Table 3　Effects of silage combination type total mixed ration on blood routine parameters of beef cattle

项目 Items	时间 Time	组别 Groups C	T	*P* 值 *P*-value
白细胞数目 WBC/(×10⁹ L⁻¹)	第 60 天 Day 60	9.38±0.41	9.12±0.47	0.68
	第 120 天 Day 120	9.60±0.46	8.89±0.38	0.26
	第 180 天 Day180	8.33±0.42	8.20±0.42	0.84
红细胞数目 RBC/(×10¹² L⁻¹)	第 60 天 Day 60	8.44±0.36	8.38±0.25[b]	0.88
	第 120 天 Day 120	8.59±0.33	7.64±0.19[a]	0.03
	第 180 天 Day180	9.11±0.18	8.42±0.18[b]	0.02
血红蛋白浓度 HGB/(g/L)	第 60 天 Day 60	135.17±3.59[a]	128.71±3.30[b]	0.21
	第 120 天 Day 120	125.71±4.69[a]	113.57±2.89[a]	0.05
	第 180 天 Day180	149.67±2.93[b]	135.00±3.80[b]	0.01
红细胞压积 HCT/%	第 60 天 Day 60	36.90±1.53[a]	36.24±1.03	0.73
	第 120 天 Day 120	38.01±1.70[a]	34.91±1.06	0.15
	第 180 天 Day180	42.63±1.26[b]	37.67±1.40	0.03
平均红细胞体积 MCV/FL	第 60 天 Day 60	44.77±0.80[a]	43.37±0.99	0.76
	第 120 天 Day 120	44.31±0.55[a]	45.77±0.72	0.13
	第 180 天 Day180	46.78±0.49[b]	44.81±1.68	0.32
平均红细胞血红蛋白含量 MCH/pg	第 60 天 Day 60	15.59±0.20[b]	15.41±0.23[ab]	0.58
	第 120 天 Day 120	14.60±0.13[a]	14.81±0.15[a]	0.30
	第 180 天 Day180	16.45±0.11[c]	16.04±0.42[b]	0.41
平均红细胞血红蛋白浓度 MCHC/(g/L)	第 60 天 Day 60	356.29±2.71[b]	355.86±4.11[b]	0.93
	第 120 天 Day 120	330.57±3.06[a]	325.29±4.96[a]	0.38
	第 180 天 Day180	351.83±4.26[b]	358.86±4.28[b]	0.27
红细胞分布宽度变异系数 RDW-CV/%	第 60 天 Day 60	20.03±0.65[b]	18.96±0.34[b]	0.17
	第 120 天 Day 120	16.56±0.21[a]	17.26±0.30[a]	0.08
	第 180 天 Day180	21.35±0.62[b]	20.26±0.47[c]	0.18
红细胞分布宽度标准差 RDW-SD/fL	第 60 天 Day 60	30.09±1.45[b]	28.14±0.67[a]	0.25
	第 120 天 Day 120	25.73±0.60[a]	27.31±0.84[a]	0.14

	第 180 天 Day180	34.03±0.79[c]	30.97±0.86[b]	0.03
血小板数目 PLT/(×10^9 L^{-1})	第 60 天 Day 60	381.57±30.93	335.71±26.99	0.39
	第 120 天 Day 120	335.86±21.65	321.71±21.69	0.65
	第 180 天 Day180	310.50±33.40	320.14±29.81	0.83

2.3　青贮组合型全混合日粮对肉牛血浆抗氧化指标的影响

由表 4 可知，2 组间的血浆抗氧化指标均无显著差异(P>0.05)。

从试验阶段来看，2 组的血浆 T-AOC 和 SOD 活性均在第 180 天最高，C 组的血浆 T-AOC 在第 180 天显著高于第 120 天（P<0.05），C 组的血浆 SOD 活性在第 180 天显著高于第 60 天和第 120 天（P<0.05）；2 组的血浆 MDA 含量均在第 180 天最低；C 组的血浆 GSH-Px 活性在第 180 天最高，T 组的血浆 GSH-Px 活性在第 120 天最高。

表4　青贮组合型全混合日粮对肉牛血浆抗氧化指标的影响

Table 4　Effects of silage combination type total mixed ration on plasma antioxidant parameters of beef cattle

项目 Items	时间 Time	组别 Groups		P 值 P-value
		C	T	
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	第 60 天 Day 60	9.28±0.62[ab]	8.25±0.85	0.35
	第 120 天 Day 120	8.39±0.53[a]	8.51±0.73	0.89
	第 180 天 Day180	10.88±0.75[b]	10.17±1.10	0.61
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	第 60 天 Day 60	762.46±47.43	794.97±72.69	0.73
	第 120 天 Day 120	912.14±80.05	877.61±89.91	0.78
	第 180 天 Day180	1 023.91±105.97	850.66±106.89	0.28
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	第 60 天 Day 60	70.38±3.96[a]	79.99±10.87	0.43
	第 120 天 Day 120	81.06±6.74[a]	76.46±8.09	0.67
	第 180 天 Day180	109.23±11.51[b]	101.93±14.22	0.70
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	第 60 天 Day 60	3.64±0.45	3.80±0.65	0.84
	第 120 天 Day 120	3.30±0.50	3.51±0.47	0.76
	第 180 天 Day180	3.03±0.40	3.46±0.58	0.32

2.4　青贮组合型全混合日粮对肉牛血浆生化指标的影响

由表 4 可知，第 60 天、第 120 天，C 组的血浆 UN 含量显著低于 T 组（P<0.05）；第 60 天，C 组的血浆 T-CHO 含量显著低于 T 组（P<0.05）；第 120 天、第 180 天，C 组的血

浆 AST 活性显著高于 T 组($P≤0.05$)；第 180 天，C 组的血浆 ALT 活性显著高于 T 组($P<0.05$)。2 组间其他的血浆生化化指标均无显著差异($P>0.05$)。

从试验阶段来看，T 组的血浆 TP 含量在第 180 天显著高于第 60 天（$P<0.05$）；C 组的血浆 ALB 含量在第 180 天显著高于第 60 天（$P<0.05$）；C 组的血浆 UN 含量在第 180 天显著高于第 60 天和第 120 天（$P<0.05$），T 组的血浆 UN 含量在第 180 天显著高于第 120 天（$P<0.05$）；C 组的血浆 T-CHO 含量在第 180 天显著高于第 60 天和第 120 天（$P<0.05$），T 组的血浆 T-CHO 含量在第 60 天和第 180 天显著高于第 120 天（$P<0.05$）；C 组的血浆 CR 含量在第 120 天和第 180 天显著高于第 60 天（$P<0.05$）；C 组的血浆 ALT 活性在第 180 天显著高于第 60 天和第 120 天（$P<0.05$）。

表5　青贮组合型全混合日粮对肉牛血浆生化指标的影响

Table 5　Effects of silage combination type total mixed ration on plasma biochemical parameters of beef cattle

项目 Items	时间 Time	组别 Groups C	组别 Groups T	P 值 P-value
总蛋白 TP/（g/L)	第 60 天 Day 60	74.55±3.09	69.91±1.46^{a}	0.20
	第 120 天 Day 120	78.74±2.04	73.12±2.00^{ab}	0.08
	第 180 天 Day180	78.90±1.89	76.13±1.61^{b}	0.29
白蛋白 ALB/（g/L)	第 60 天 Day 60	27.54±1.05^{a}	29.12±0.81	0.26
	第 120 天 Day 120	28.75±0.64^{ab}	29.03±0.68	0.77
	第 180 天 Day180	31.43±1.20^{b}	30.81±0.90	0.69
尿素氮 UN/(mmol/L)	第 60 天 Day 60	2.71±0.18^{a}	3.30±0.15^{ab}	0.03
	第 120 天 Day 120	3.60±0.12^{b}	3.14±0.12^{a}	0.02
	第 180 天 Day180	4.35±0.19^{c}	3.84±0.31^{b}	0.13
总胆固醇 T-CHO/(mmol/L)	第 60 天 Day 60	2.63±0.16^{a}	3.34±0.17^{b}	0.01
	第 120 天 Day 120	2.66±0.15^{a}	2.64±0.11^{a}	0.96
	第 180 天 Day180	3.27±0.23^{b}	3.33±0.13^{b}	0.82
β-羟丁酸 β-HB/(mmol/L)	第 60 天 Day 60	0.16±0.02	0.18±0.02	0.42
	第 120 天 Day 120	0.16±0.02	0.14±0.01	0.46
	第 180 天 Day180	0.12±0.01	0.16±0.01	0.16
肌酐 CR/(μmol/L)	第 60 天 Day 60	99.45±3.98^{a}	107.34±4.81	0.23
	第 120 天 Day 120	115.53±5.08^{b}	117.11±2.70	0.79
	第 180 天 Day180	118.80±2.91^{b}	114.17±3.71	0.35
谷草转氨酶 AST/（U/L)	第 60 天 Day 60	53.42±6.12	44.94±3.08	0.24
	第 120 天 Day 120	54.43±2.44	44.50±1.28	0.01

	第 180 天 Day180	62.82±6.80	46.79±1.99	0.05
谷丙转氨酶 ALT/（U/L)	第 60 天 Day 60	21.17±1.79a	19.61±2.22	0.58
	第 120 天 Day 120	22.26±0.72a	21.74±2.38	0.84
	第 180 天 Day180	27.05±1.02b	22.41±1.14	0.01
碱性磷酸酶 ALP/（U/L)	第 60 天 Day 60	109.02±17.26	126.38±31.36	0.24
	第 120 天 Day 120	104.19±58.82	174.23±41.92	0.13
	第 180 天 Day180	115.82±9.49	158.66±30.65	0.21

3 讨论

3.1 青贮组合型全混合日粮对肉牛生长性能的影响

降低料重比、提高平均日增重是动物饲养试验的重要目的，对提高养牛效益具有重要的意义。本试验研究表明，青贮组合型全混合日粮能增加肉牛平均日增重，促进其快速生长，可显著降低料重比，提高饲料转化率。究其原因可能与其瘤胃发酵类型（总挥发性脂肪酸的含量和各种酸所占比例）有关。

3.2 青贮组合型全混合日粮对肉牛血常规指标的影响

本研究血常规指标均在正常参考范围内[23]。白细胞是一类免疫细胞的总称，包括单核细胞、中性粒细胞、嗜酸性粒细胞和淋巴细胞，它们直接反映了动物的免疫能力[24]，是血液中重要的有形成分，具有消灭病原微生物的作用，对于维持正常的血液循环和疾病的诊断有重要的意义。本试验结果表明，2 组肉牛的血液 WBC 无显著差异，表明本试验条件下的饲粮类型对肉牛机体免疫功能没有显著影响。

血液 RBC、HGB 和 HCT 能够反映动物机体血液运输氧气(O_2)和二氧化碳(CO_2)的能力[25]。江家椿等[26]在对西藏甲哑牛、黄牛、牦牛若干生理指标进行测定时发现，高原上生活的动物不仅血液 RBC 多，而且血液 MCV 小，因而可以在肺内增加与氧的接触，以利于增强对高原低氧的适应，表明海拔高度对血液 RBC 等指标影响显著。红细胞和血红蛋白数量的增多，绝大多数为相对性增多，如机体脱水，造成血液浓缩而使红细胞和血红蛋白数量相对增加[27]。本试验结果表明，T 组肉牛血液 RBC、HGB 在试验中期和后期低于 C 组，表明 T 组不易造成血液浓缩。张娇娇等[28]研究表明，同海拔饲养环境下的肉牛血液 RBC 和 HGB 不受饲粮效应的显著影响，同一海拔饲养环境下体重相近的肉牛具有相同的 O_2 运输能力，

与本研究结果不一致，究其原因可能是不同饲粮类型影响动物机体氧化还原能力，进而影响对 O_2 运输能力。

血液 MCH、MCHC、RDW 和 MCV 分别反映了红细胞的色素含量、色素饱满度、变异程度和体积大小。血液 MCH、MCHC 和 MCV 合称贫血 3 项，较低的血液 MCH、MCHC 和 MCV 以及较高的 RDW，通常作为缺铁性贫血的鉴定依据[29] 。本研究结果表明，饲粮效应不易造成肉牛机体贫血症状。

血小板是哺乳动物血液中重要的有形成分之一，其数目和功能与血液凝血系统功能密切相关，对于维持正常的血液循环具有重要意义。本试验整个试验期, C 组比 T 组具有较高的血液 PLT，可能是饲粮效应造成，其影响机制有待进一步研究。

3.3 青贮组合型全混合日粮对肉牛血浆抗氧化指标的影响

血液在体内不间断循环，其代谢指标水平能客观反映代谢状态和生理功能。试验中常以血浆 T-AOC 和 SOD、GSH-Px 活性增加和 / 或 MDA 含量降低表明抗氧化能力增强，反之则降低。T-AOC 是反映机体抗氧化能力的综合指标，是体内酶系和非酶系共同作用的结果[30]。一般情况下，自由基的产生、利用和清除在动物机体内处于一种动态平衡的状态[31]。机体可以利用 GSH-Px 和 SOD 等酶清除体内的自由基，有研究表明，如果氧自由基含量过高，超过机体清除能力，容易导致氧化应激[32]。本试验中，2 组之间的血浆 GSH-Px 和 SOD 活性没有显著差异。MDA 是膜脂过氧化的最重要终产物之一，会引起蛋白质、核酸等生命大分子的交联聚合，其含量可以反映组织细胞的脂质过氧化程度[33]，血浆 MDA 含量升高是机体氧化应激的标志[34]，可间接反映细胞损伤程度。本试验中，2 组之间的血浆 MDA 含量也没有显著的差异。这表明青贮组合型饲粮替代单一青贮型饲粮不会影响肉牛血浆中 SOD、GSH-Px 活性和 MDA 含量，因此也不会影响肉牛机体的抗氧化能力，其次，随试验期的延长，血浆 T-AOC、SOD 活性增高，血浆 MDA 含量降低，表明随年龄的增长，肉牛机体抗氧化体系更加健全。

3.4　青贮组合型全混合日粮对肉牛血浆生化指标的影响

血浆生化指标的改变是组织细胞通透性发生改变和机体新陈代谢机能发生改变的反映。血液是体内内环境的重要组成部分，体内代谢原料及废物由血液运输，其成分的变化可反映动物机体的生长发育，以物质代谢和能量转换这一复杂的生化过程为基础，其代谢水平和转换效率与动物对饲料养分的利用效率以及生长速度之间存在着必然的联系[35]。因此，检测血浆生化指标可以反映饲粮对试验牛的生理、营养及代谢状况。

血浆 TP 和 ALB 含量可反映机体对蛋白质的吸收、合成和分解代谢状况，同时也可反映机体的免疫状况[36]。本研究中，2 组的血浆 TP、ALB 含量随时间延长呈增加趋势，究其原因可能是随着肉牛的增长一定程度上促进了对蛋白质的消化和吸收。

UN 主要来源于肝脏，是机体内蛋白质代谢的主要终产物，构成了血液中绝大部分的非蛋白氮，是反映饲粮蛋白质利用效率指标之一。血浆 UN 含量与饲粮中含氮物质总量、蛋白质的利用率有关，当饲粮中含氮物质增多或蛋白质利用率降低时均可引起血浆 UN 含量升高，血浆 UN 含量降低可为其他部分的蛋白质沉积提供充分的氨基酸等原材料[37]。血浆 UN 含量主要受瘤胃发酵能力、饲粮氨基酸成分、肝肾功能、瘤胃酵解碳水化合物总量和蛋白质的摄入等因素的影响[38-39]。本研究中，T 组血浆 UN 含量在试验中期和后期低于 C 组，究其原因可能是虽然 C 组中粗蛋白质含量高于 T 组，但对蛋白质的利用率较低。

血浆 T-CHO 含量与机体脂代谢有密切关系[33]。肝脏是合成和贮存胆固醇的主要器官，血浆 T-CHO 含量在一定程度上能够反映肝脏的健康状况。血浆中 T-CHO 的含量反映了机体脂质代谢状况，若肝细胞功能受损，血液中胆固醇的含量则会上升，形成所谓的“高血脂”[40]。此外，胆固醇是细胞膜和血浆脂蛋白的重要组成成分，其存在于机体的所有组织中，是动物体内一种不可或缺的脂类物质，胆固醇含量过高时会产生动脉硬化，不利于机体健康。本试验条件下，各组的血浆 T-CHO 含量在试验结束时高于开始时，究其原因可能是动物在不同的生理阶段，对脂肪的代谢机制不同，造成血浆 T-CHO 含量变化。

β-HB 是酮体的主要成分，通常作为判断是否发生酮病的指标。李小杉等[41]在临床上证实, 发生亚临床酮病时，血浆β-HB 含量为 1.2 mmol/L。本试验中，血浆β-HB 含量都在正常范围内，可以初步判断青贮组合型全混合日粮饲喂试验动物无酮病隐患。

血液中的CR是肌肉在动物体内代谢的产物，血液及尿液CR的含量相对恒定，且血液中CR含量的高低主要取决于肾脏排出CR的多少。本试验条件下，各组血浆CR含量处于正常范围，且各效应均不显著，这符合已有研究报道之规律[42]。随试验期的延长，C组血浆CR含量增多，T组血浆CR含量先增加后降低，说明青贮组合型全混合日粮长期饲喂更有利于肉牛肾脏健康。

血浆AST、ALT活性的高低是评价肝脏是否受损的重要指标[43]。当动物肝脏功能受到损伤时，会导致血液中转氨酶活性升高，在健康状况下，饲粮营养水平并不引起转氨酶活性的变化。本试验条件下，C组试验后期的血浆AST含量显著高于T组，表明青贮组合型全混合日粮长期饲喂肉牛更有利于肝脏健康。

ALP 广泛分布于机体各脏器中，是一种能够将对应底物去磷酸化的酶，是免疫诊断试剂产品最常用的标记酶之一。研究发现，当动物处受到外界应激时，可引起机体组织细胞损伤，组织内 ALP 进入血液，提高血浆 ALP 活性[44]。正常血浆中 ALP 主要来自骨骼，骨细胞产生并经肝胆系统进行排泄。血液钙代谢与 ALP 密切相关, 血液钙含量降低则预示着 ALP 活性的升高。本研究整个试验期，T 组血浆 ALP 活性整体高于 C 组, 表明青贮组合型全混合日粮对骨骼钙、磷代谢更为敏感。

4 结　论

青贮组合型全混合日粮对育肥肉牛机体抗氧化功能和健康状况无不良影响，而且可在一定程度上改善机体代谢，并可提高肉牛生长性能。

参考文献：

[1]　CALBERRY J M,PLAIZIER J C,EINARSON M S,et al.Effects of replacing chopped alfalfa

hay with alfalfa silage in a total mixed ration on production and rumen conditions of lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2003,86(11):3611–3619.

[2] KAMMES K L,HEEMINK G B H,ALBRECHT K A,et al.Utilization of kura clover-reed canarygrass silage versus alfalfa silage by lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2008,91(8):3138–3144.

[3] GROFF E B,WU Z.Milk production and nitrogen excretion of dairy cows fed different amounts of protein and varying proportions of alfalfa and corn silage[J].Journal of Dairy Science,2005,88(10):3619–3632.

[4] 史卉玲.不同比例苜蓿青贮与玉米青贮组合对奶牛生产性能的影响[D].硕士学位论文.阿拉尔:塔里木大学,2013.

[5] BASSO F C,ADESOGAN A T,LARA E C,et al.Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation,microbial protein yield,and growth performance of lambs[J].Journal of Animal Science,2014,92(12):5640–5650.

[6] BURKEN D B.New approaches to corn silage use in beef cattle finishing diets[D].Ph.D.thesis.Nebraska:University of Nebraska,2014.

[7] CONTRERAS-GOVEA F E,MUCK R E,MERTENS D R,et al.Microbial inoculant effects on silage and *in vitro* ruminal fermentation,and microbial biomass estimation for alfalfa,BMR corn,and corn silages[J].Animal Feed Science and Technology,2011,163(1):2–10.

[8] 沙文锋,朱娟,姜慧锋.稻草拉伸膜裹包青贮效果分析[J].农产品加工,2010(3):79–80.

[9] 李荣侠.全株玉米窖贮与拉伸膜裹包青贮的比较研究[J].当代畜牧,2010(1):31–32.

[10] FÉRARD A,JOURNAUX J,MESLIER E,et al.Effect of harvest period of maize silage and the content of wrapped grass silage on the production of dairy cows[C]//Rencontres Recherche Ruminants;[s.l.],2014.

[11] THEODORIDOU K,AUFRÈRE J,ANDUEZA D,et al.Effects of condensed tannins in fresh sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vivo* and *in situ* digestion in sheep[J].Animal Feed Science and Technology,2010,160(1/2):23–38.

[12] 雷云国.肉牛生产技术讲座(二)肉牛生长规律及其利用[J].现代化农业,2002(5):26－28.

[13] 雷云国.肉牛的消化系统和功能[J].现代化农业,2002(9):28－29.

[14] 张英杰.日粮类型对肉牛消化道酶活的影响及饲料小肠消化率评定方法研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2000.

[15] 郑晓中.肉牛对脂肪的消化代谢及其对能量转化效率调控的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,1998.

[16] 张建中.肉牛小肠碳化合物的消化及其对能量转化的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,1997.

[17] MARQUES R S,CHAGAS L J,OWENS F N,et al.Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle[J].Journal of Animal Science,2016,94(1):339–348.

[18] QUINN M J,MAY M L,DILORENZO N,et al.Effects of roughage source and distillers grain concentration on beef cattle finishing performance,carcass characteristics,and *in vitro* fermentation[J].Journal of Animal Science,2011,89(8):2631–2642.

[19] SCHWAIGER T,BEAUCHEMIN K A,PENNER G B.The duration of time that beef cattle are fed a high-grain diet affects the recovery from a bout of ruminal acidosis:dry matter intake and ruminal fermentation[J].Journal of Animal Science,2013,91(12):5729–5742.

[20] PAN X H,YANG L,XUE F G,et al.Relationship between thiamine and subacute ruminal acidosis induced by a high-grain diet in dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2016,99(11):8790–8801.

[21] 张宏福.动物营养参数与饲养标准[M].2 版.北京:中国农业出版社,2010.

[22] FREER M,DOVE H,NOLAN J V.Nutrient requirements of domesticated ruminants[M].Collingwood,Vic.:CSIRO Pub.,2007:296.

[23] 王宏娟,周虚.湘西黄牛妊娠前后血常规变化研究[J].黑龙江畜牧兽医,2012(7):48–50.

[24] 刘霄,黄江.金色中仓鼠冬眠期与非冬眠期血液生化指标的对比研究[J].北京医学,2016,38(8):841–843.

[25] 伊平昌,顾冬花.大通县高原型牦牛 12 项血液指标的测定[J].四川畜牧兽医,2014,41(2):29–30.

[26] 江家椿,姜生成,边巴次仁,等.西藏高原工布江达牦牛、藏黄牛、甲哑牛八项生理常值的对比分析[J].中国牦牛,1991(1):32–37.

[27] 孙东波.兽医临床诊断学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2013.

[28] 张娇娇,闫琦,刘培培,等.低海拔异地育肥牦牛与本地杂交肉牛(秦川×西门塔尔)在不同非蛋白氮水平饲粮条件下血液生理生化指标及生长性能的差异[J].动物营养学报,2017,29(11):3942–3950.

[29] 赵丽莉,李耀忠,杨丽琴.缓释尿素对滩母羊血清中尿素浓度的影响[J].农业科学研究,2007,28(3):24–25.

[30] 司方方,涂剑锋,刘天龙,等.四君子汤超微粉对脾虚小鼠总抗氧化能力和 NO 的影响[J].动物医学进展,2006,27(3):75–77.

[31] DRÖGE W.Free radicals in the physiological control of cell function[J].Physiological Reviews,2002,82(1):47–95.

[32] BOUWSTRA R J,GOSELINK R M A,DOBBELAAR P,et al.The relationship between oxidative damage and vitamin E concentration in blood,milk,and liver tissue from vitamin E supplemented and nonsupplemented periparturient heifers[J].Journal of Dairy

Science,2008,91(3):977－987.

[33] 唐波,王群,奚雨萌,等.蛋氨酸羟基异丙酯对犊牛生长、血清生化指标和激素水平的影响[J].江苏农业学报,2014,30(3):567–573.

[34] ARMSTRONG D,BROWNE R.The analysis of free radicals,lipid peroxides,antioxidant enzymes and compounds related to oxidative stress as applied to the clinical chemistry laboratory[C]//ARMSTRONG D.Free radicals in diagnostic medicine.Boston MA:Springer,1994.

[35] 周圻,张显花,焦祖武,等.复方中草药添加剂对断奶仔猪血液生化指标和激素水平的影响[J].湖北农业科学,2005(2):91–93.

[36] 尹富贵,孔祥峰,刘合军,等.中草药对仔猪生长性能和血清生化参数的影响[J].中国科学院研究生院学报,2007,24(2):201–206.

[37] HOLEČEK M.Relation between glutamine,branched-chain amino acids,and protein metabolism[J].Nutrition,2002,18(2):130–133.

[38] GODDEN S M,LISSEMORE K D,KELTON D F,et al.Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2001,84(1):107–114.

[39] WAIBEL P E,CUPERLOVIC M,HURRELL R F,et al.Processing damage to lysine and other amino acids in the manufacture of blood meal[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,1976,25(1):171–175.

[40] 高俊峰.发酵木薯渣对本地黑山羊生长性能、血液生化指标和养分消化代谢的影响[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2013.

[41] 李小杉,杨丰利,杜玉兰,等.奶牛酮病及其预防措施[J].动物医学进展,2010,31(1):108－111.

[42] 郭辉.山羊在不同日粮结构下尿中嘌呤衍生物排出规律的研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2008.

[43] WEST H J.Effect on liver function of acetonaemia and the fat cow syndrome in cattle[J].Research in Veterinary Science,1990,48(2):221–227.

[44] 李影球,方运雄,包付银,等.饲喂含常规大豆蛋白代乳料对犊牛生长性能和血液生化参数的影响[J].饲料工业,2007,28(9):35–38.

Effects of Silage Combination Type Total Mixed Ration on Growth Performance and Blood Parameters of Fattening Beef Cattle

ZHANG Xia[1] WANG Weizhong[2] WANG Hucheng[1*] GUO Xusheng[3]

（1. *State Key Laboratory of Grassland Agro-Ecosystems*, *Key Laboratory of Grassland Livestock Industry Innovation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou* 730020*, China;* 2. *Dingxi City Livestock Husbandry Promotion Station, Dingxi* 743000*, China*; 3. *College of Life Science*, *Lanzhou University*, *Lanzhou* 730000*, China*)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of silage combination type total mixed ration on growth performance and blood parameters of fattening beef cattle. Thirty Simmental bulls with good body condition and similar body weight [(440.5±3.5) kg] were selected and randomly divided into two groups with fifteen cattle per group. Cattle in the control group (C group) were fed a single silage type total mixed ration, and the others in the test group (T group) were fed a silage combination type total mixed ration. The trial lasted for 180 days. The results showed as follows: 1) during day 1 to 60, day 61 to 120 and day 121 to 180, the average daily feed intake of T group was significantly lower than that of C group ($P\leqslant0.05$), the average daily gain of T group was higher than that of C group ($P>0.05$); during day 61 to 120 and day 121 to 180, the feed to gain ratio of T group was significantly lower than that of C group ($P<0.05$). 2) On day 120 and day 180, the red blood cell number (RBC) and hemoglobin concentration (HGB) in blood of C group were significantly higher than those of T group ($P\leqslant0.05$); on day 180, the hematocrit (HCT) and standard deviation of red blood cell distribution (RDW-SD) in blood of C group were significantly higher than those of T group ($P<0.05$). 3) There were no significant differences on plasma antioxidant parameters between two groups ($P>0.05$). 4) On day 60 and day 120, the plasma urea nitrogen (UN) content of C group was significantly lower than that of T group ($P<0.05$); on day 60, the plasma total cholesterol (T-CHO) content of C group was significantly lower than that of T group ($P<0.05$); on day 120 and day 180, the plasma

*Corresponding author, associate professor, E-mail: wanghuch@lzu.edu.cn （责任编辑　武海龙）

glutamic-oxalacetic transaminase (AST) activity of C group was significantly higher than that of T group ($P \leqslant 0.05$); on day 180, the plasma glutamic pyruvic transaminase (ALT) activity of C group was significantly higher than that of T group ($P<0.05$). In conclusion, the silage combination type total mixed ration have no adverse effects on the antioxidant function and health condition of fattening beef cattle, and can improve body metabolism to a certain extent, and can improve the growth performance of beef cattle.

Key words: silage; total mixed ration; beef cattle; growth performance; blood parameters